

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт горного дела, геологии и геотехнологий
институт
Горные машины и комплексы
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ А.В.Гилев
подпись инициалы, фамилия
« _____ » _____ 2018 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»

код и наименование специализации

Проектирование станда по определению

тема

коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами

Руководитель

подпись, дата

Ю. А. Плютов

инициалы, фамилия

Выпускник

подпись, дата

В. А. Ветров

инициалы, фамилия

Консультанты:

Экономическая часть

подпись, дата

А. Д. Бурменко

инициалы, фамилия

Безопасность

жизнедеятельности

подпись, дата

Н. М. Капличенко

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

Ю. А. Плютов

инициалы, фамилия

Красноярск 2018

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт горного дела, геологии и геотехнологий

институт

Горные машины и комплексы

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.В.Гилев _____

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 2017 г

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме дипломной работы.

Студенту Ветрову Виктору Александровичу

фамилия, имя, отчество

Группа ГМ 12-12 Направление (специальность) 21.05.04 Горное дело,

номер

код

специализация 21.05.04.09 «Горные машины и оборудование»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы Проектирование стенда по определению коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами

Утверждена приказом по университету № 705/с от 23 января 2018 года

Руководитель ВКР Ю.А.Плютов, доцент, кандидат технических

инициалы, фамилия, должность, ученое звание

наук кафедры «Горные машины и комплексы»

место работы

Исходные данные для ВКР габаритные размеры установки: ширина 800 мм, длина 1300 мм, высота 1500 мм.

Перечень разделов ВКР Введение, анализ методов решений технических задач, основные принципы конструирования экспериментальной установки, устройство экспериментальной установки, подготовка к выполнению экспериментов, безопасность жизнедеятельности, экономическая часть

Перечень графического материала Чертежи в количестве 12 штук: станина, кузов локомотива, рама локомотива, пульт управления, колесо локомотива, токоприемник, мерный груз, вал колесной пары, вал пониженной передачи, электрическая схема установки, сборочный чертеж, спецификация

Руководитель ВКР

подпись

Ю.А.Плютов

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

В.А.Ветров

инициалы и фамилия

« ____ » _____ 2017 г.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕС ЛОКОМОТИВА С РЕЛЬСАМИ	6
1.1. Анализ методов решений технических задач	6
1.2. Основные принципы конструирования лабораторной установки	22
1.3. Устройство лабораторной установки.....	23
1.4 Подготовка к работе.....	37
2. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ	39
3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	60

ВВЕДЕНИЕ

В течение более 30 лет в лаборатории транспортных машин кафедры Горных Машин и Комплексов Института Горного Дела Геологии и Геотехнологий Сибирского Федерального Университета проводятся учебные и научные исследования, связанные с различными аспектами эксплуатации горнотранспортных машин.

В нашей дипломной работе была поставлена цель – разработать экспериментальную установку по определению коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами.

Задачами дипломной работы является:

1. Анализ методов конструирования экспериментальной установки.
2. Построение сетевого графика процесса выполнения дипломной работы.
3. Изготовление рабочих чертежей.
4. Приобретение и изготовление деталей и материалов для выполнения стенда.
5. Сборка экспериментальной установки.
6. Проверка стенда на работоспособность.

1. КОНСТРУИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА СЦЕПЛЕНИЯ КОЛЕС ЛОКОМОТИВА С РЕЛЬСАМИ

1.1. Анализ методов решений технических задач

Известные в настоящее время приемы и методы поиска технических решений по степени формализации делят на три группы.

К первой группе относятся неформализованные эвристические приемы и методы, состоящие из набора эвристик.

Вторую группу составляют частично формализованные эвристические методы – эвритмы, часть операций, в которых описана в виде алгоритмов.

В третью группу входят полностью формализованные приемы и методы-алгоритмы.

Названные группы весьма отличаются по численности входящих в них приемов и методов. Наиболее многочисленна первая группа. Она включает как общие (инвариантные) методы, применимые к объектам любой техники, так и частные, относящиеся к определенному классу технических систем и их элементов.

Полностью формализованные методы (алгоритмы) составляют самую малочисленную группу и относятся лишь к конкретным объектам техники. Однако с развитием методики проектирования все большее число методов переходят из первой группы во вторую и из второй в третью. Автоматизированное проектирование строится на основе второй группы методов, а автоматическое - на основе третьей.

Эвристические методы рождаются в результате анализа уже выполненных проектных разработок. Некоторые из них являются сугубо индивидуальными, связанными с образом мышления конкретной личности. Передаваемые от учителей к ученикам, они зачастую не приносят последним тех результатов, которых добился учитель.

Другие приемы и методы, несомненно, полезны всем, помогают преодолеть инерцию мышления, служат ориентирами в поиске технических решений.

Эвристические приемы. Эвристический прием указывает на то, как преобразовать имеющееся техническое решение для получения искомого.

Большинство эвристических приемов включает две части: первая отвечает на вопрос "что изменить?", вторая - "как изменить?". Первая часть может содержать несколько переменных, а вторая - несколько способов их изменения. Поэтому приемы зачастую содержат несколько поисковых шагов. Известен перечень эвристических приемов, названный межотраслевым фондом. Всего он содержит 258 приемов, объединенных в 15 групп. Начинающему конструктору рекомендуется освоить 50... 100 приемов, отредактировать и конкретизировать их с ориентацией на рассматриваемый класс объектов. Полученный таким образом индивидуальный фонд можно пополнить в дальнейшем на основе изучения и анализа истории конструктивной эволюции и соответствующего патентного фонда.

При поиске технических решений, используя эвристические приемы, следует уяснить цели проектирования, изложенные в техническом задании, и составить список признаков искомого технического решения; выбрать из известных технических решений (если оно не задано) один или несколько прототипов, в наибольшей степени отвечающих списку признаков; проанализировать прототипы, выявив несоответствие их признаков искомым решениям; в соответствии с признаками, подлежащими изменению, выбрать наиболее подходящий прием из общего (межотраслевого) или индивидуального фонда, если он уже создан. Следует иметь в виду, что зачастую задачу можно решить не сразу, а последовательно, улучшая результаты с помощью различных приемов.

Метод эвристических приемов наиболее прост в освоении.

Уместно отметить, что метод поиска технических решений с помощью эвристических приемов отражает идею "общего решателя задач". Как там, так и

здесь имеется некоторый объект (прототип), к которому применяется преобразование (эвристический прием), после чего полученный результат сравнивается с целевым.

Метод гирлянд ассоциаций. В некоторых случаях, когда цель проектирования определяет единственный признак объекта - новизну, можно воспользоваться методом гирлянд ассоциаций. Для этого объекту подбирают синонимы (если это возможно), а затем случайным образом называют другие объекты и составляют комбинации из тех и других. Каждую пару объектов дополняют тем или иным признаком случайного объекта или ассоциациями, которые они вызывают. Основным смыслом метода заключается в том, чтобы "расшатать" устоявшееся представление об объекте. Конечно же, подавляющее большинство комбинаций – объект (синоним), признаки и ассоциации - окажутся абсурдными. Однако считается, что на практике 10 - 15% комбинаций составляют интересные идеи.

Мозговой штурм. Мозговой штурм представляет собой метод получения новых идей путем творческого содружества отдельных членов организованной группы, которая как единое целое, единый мозг решает (штурмует) одну задачу, проблему. Поиск производится последовательно, в два этапа, двумя группами. Первая группа - "генераторы идей" - предлагает идеи. Вторая группа - "эксперты" (скептики) - обсуждает и анализирует выдвинутые идеи.

Сеанс должен длиться 30-60 мин. Меньше времени затрачивать на сеанс не имеет смысла, потому что "генераторы" не успевают настроиться на творческую волну, увеличивать время сеанса тоже нельзя, так как наступает усталость, повторяемость, спад поступления новых идей. Занятие ведется энергично, все "генераторы" сосредоточивают свое внимание на одной цели. Работа выполняется в непринужденной обстановке, все участники свободно высказывают идеи. Руководитель выступает в роли арбитра, зачинщика поступления новых идей. Ведущий должен обеспечить соблюдение участниками кружка правил мозговой атаки: отсутствие критики, свободное

высказывание идей, настрой группы на одну проблему, создание благожелательной обстановки легкой соревновательности. Обычно руководитель - опытный специалист, но он не должен показывать знание каких-либо решений по обсуждаемой проблеме.

В группу "генераторов" не включают скептиков и людей с критико-аналитическим умом. Обычно приглашают тех, кто обладает фантазией, специалистов-смежников и одного - двух человек со стороны, не имеющих никакого отношения к проблеме.

Метод основан на том, что одна высказываемая идея базируется на другой, комбинируется с ней и порождает следующую, в результате чего возникает поток идей, и чем он больше, тем ближе решение проблемы. Наилучшие результаты получаются при рассмотрении проблемы организационного порядка и относительно несложных задач.

Синектика. Синектика - мозговой штурм, который проводит специально обученная группа специалистов различных направлений. Подготовку "генераторов идей" - синекторов - производят, во-первых, путем совместной работы начинающих участников с более опытными в течение четверти рабочего дня на протяжении года; во-вторых, в ходе специального обучения профессиональному владению процессами аналогизирования. Во время обучения синекторы практикуют использование аналогий для ориентирования спонтанной активности мозга и нервной системы на решение предложенной проблемы.

В общем синектика как метод творческого решения задачи опирается на тот факт, что умственная деятельность более продуктивна в новой или незнакомой человеку обстановке. Ситуация, аналогичная рассматриваемой, быстро отвлекает человека от конкретных условий задачи и требует от него рассмотрения другой задачи, не связанной с данной. Знакомое положение превращается в незнакомое, чего и требуется достичь. Работу синекторов организуют в 3 этапа.

Формирование проблемы (1 этап). Группе передают сложные проблемы, которые не может решить основная организация. Особенностью этого этапа является то, что никого из синекторов не посвящают в конкретные условия задачи. Считают, что конкретное формулирование затрудняет абстрагирование.

Анализ проблемы (2 этап). Все участники заседания стараются превратить незнакомую и непривычную проблему во что-то привычное и сформулировать ее. Руководитель активно участвует в работе. Детально объясняет проблему с максимумом подробностей, причем пояснение повторяет до тех пор, пока все не поймут задачу до конца. Рассматривается возможность превратить незнакомую и непривычную задачу в ряд более обычных. Проблему с участием всех синекторов дробят на подпроблемы. Руководитель начинает сеанс с выбора метода работы. Это может быть вживание в роль, исследование некоторых второстепенных деталей проблемы или чаще всего рассмотрение аналогий.

Растормаживание мышления (3 этап). С целью ликвидации психологической инерции и растормаживания мышления обсуждают несколько аналогий.

Прямая аналогия. Исследуемый объект сравнивают с более или менее аналогичным объектом из другой отрасли техники или из живой природы.

Символическая аналогия. Стараются представить себя рассматриваемым объектом и пытаются найти и в этом положении решение.

Фантастическая аналогия. В задачу вводятся какие-нибудь фантастические существа, выполняющие то, что требует задача: мыслящие рыбы, гномы, русалки, сапоги-скороходы, ковер-самолет и т. д.

Результаты работы представляют основной организации (заказчику) для оценки и внедрения. Идеи пересматривают, явно не работающие из них отбрасывают; для более глубокой проработки составляют перечень идей, начиная с хороших и кончая неудовлетворительными. При этом синекторы продолжают изучать и обсуждать полученные результаты, консультируются со

специалистами, экспериментируют, занимаются поисками реализации решения вместе с заказчиком.

Метод идеального объекта. Прежде чем отыскивать реальные технические решения, рекомендуется пофантазировать, представить себе "идеальное" решение поставленной задачи. Самым идеальным будет такое решение, при котором ни проектировать, ни создавать объект не нужно, и в то же время вызывающая его потребность окажется удовлетворенной. В такой постановке задача уже ставилась на первом этапе проектирования. Если же все-таки нужно что-то создавать, то лучше это сделать самым простым образом. Скажем, для перемещения можно предложить ковер-самолет; для обслуживания посетителей в заведениях общественного питания - скатерть-самобранку. Конечно, полет фантазии должен быть ограничен пределами осуществимого. Так, при разработке мерзлых грунтов "идеальным" можно считать техническое решение, которое делает работу в мерзлых грунтах хотя бы не более трудоемкой и энергоемкой, чем в талых.

Выбрав идеальный объект или способ удовлетворения потребности, в дальнейшем надлежит установить препятствия к их реализации. На борьбе с этими препятствиями и следует построить поиск технических решений. Изложенный метод, несомненно, организует поиск. Однако представление идеального способа достижения цели в некоторых случаях и составляет основную трудность.

Морфологический анализ. Поиск решения основан на классификации многообразия понятий, форм и фактов, что позволяет быстро, точно и целеустремленно ориентироваться в имеющейся информации. Ф. Цвикки определил морфологический анализ (морфологические карты) как способ нахождения всех вариантов решения проблемы.

Для каждой из независимых переменных, связанных с решаемой задачей, рассматривают параметры, типы систем, свойства. В совокупности они образуют таблицу или матрицу. Их сочетания являются решениями задач. При простом переборе вариантов (методе свободных ассоциаций) инженеры ищут

решения в различных направлениях, видоизменяя один прототип, потом другие. Использование морфологического анализа предоставляет поле возможных решений, в которое помещена морфологическая решетка. В каждой клеточке последней находится альтернатива. Многие решения оказываются неприемлемыми. Их отбрасывают. Но у лица, принимающего решение (ЛИР - конструктора, технолога, изобретателя), имеется еще множество идей, которые ранее остались бы незамеченными.

Однако следует отметить, что за легкость получения вариантов приходится расплачиваться большой трудоемкостью при выборе решения. При этом возникает опасение не упустить нужные варианты, хочется сделать матрицу как можно более полной. В интересах дела следует использовать менее точные методы анализа и отбросить малозначащие параметры.

Поэтому целью морфологического анализа является не поиск эффективного решения, а расширение области поиска альтернатив проблем, области возможных решений. В результате тщательного морфологического анализа можно прийти к новому взгляду на все пространство (поле) возможных решений. Например, Менделеев не ставил себе цель открыть "кирпичики" Вселенной. Но, классифицировав элементы, построив их матрицу, он смог предсказать свойства нескольких неизвестных элементов. И вскоре они были открыты экспериментально.

Морфологический анализ включает операции, выполняемые алгоритмически, и, следовательно, принадлежит ко второй группе методов. Сущность его состоит в расчленении общей функции проектируемого объекта на частичные и в отыскании возможных способов их реализации. То или иное сочетание различных способов выполнения всех частных функций и составляет вариант технического решения.

Метод генерирования на основе диаграммы идей. Этот метод основан на использовании диаграмм, синтезирующих прошлый опыт становления и развития рассматриваемого вида техники и являющихся открытыми для их продолжения и углубления.

Метод генерирования на основе матрицы идей. Такой метод заключается в морфологическом анализе независимых переменных, связанных с решаемой задачей.

Этот метод более сложен, поскольку связан с проникновением в морфологию (состав и структуру) изделия, но вместе с тем он более продуктивен, поскольку позволяет получать большое число комбинаций независимых переменных и подвергать альтернативные идеи анализу при поиске рациональных технических решений.

Пример составления морфологической матрицы идей для выбора типа транспортного средства в зависимости от видов используемых или возможных в перспективе источников и преобразователей энергии приведен на рис. 1.

Многие идеи, образованные аналогичным способом, могут быть неприемлемы вообще ввиду неразрешимых технических противоречий или неприемлемы на некоторый период в связи с отсутствием необходимых материалов, источников энергии и т.п.

Эвристические методы повышают возможности поиска рациональных технических решений в тех случаях, когда логические методы, обеспечивающие получение решений путем дедукции, оказываются для этого недостаточными.

К эвристическим методам причисляют всевозможные упорядоченные в какой-то мере правила и рекомендации, помогающие при решении задач без предварительной оценки результата.

Под методом в данном случае понимается система операций, предусматривающая определенный порядок их применения при конструировании. Элементарная операция называется приемом (рисунок 1).

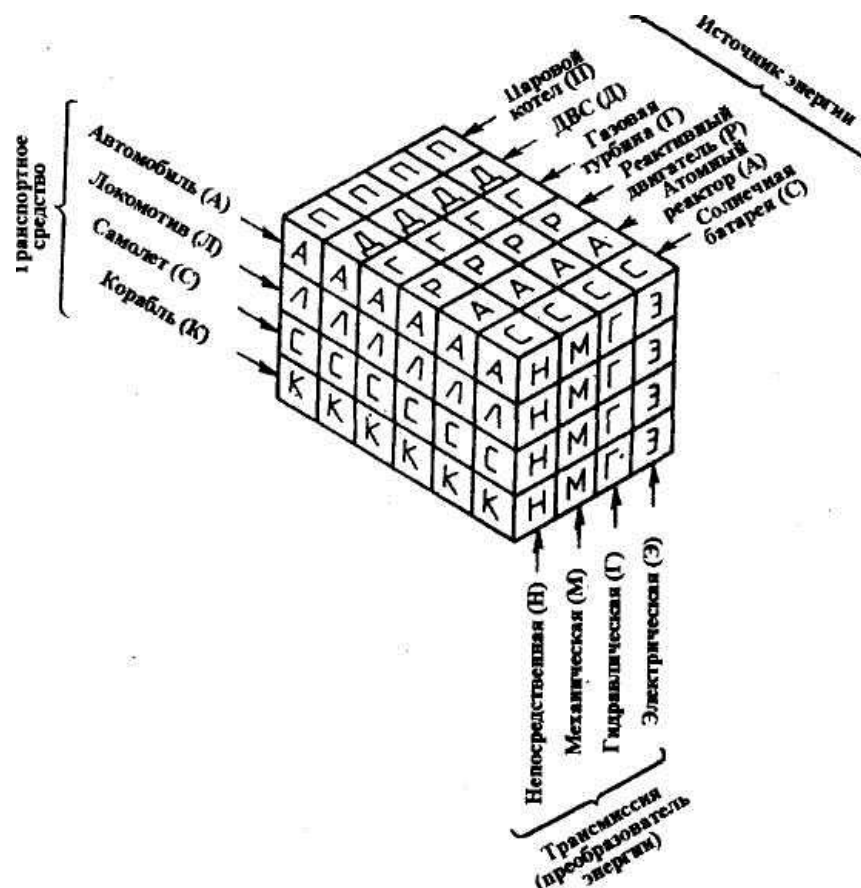


Рисунок 1 – Морфологическая матрица идей для выбора типа транспортного средства

Метод рационализации творческого процесса, или "формирование идей", детально разработан в ряде работ советских и зарубежных авторов. Идея его заключается в создании как можно большего массива альтернатив, полезных вариантов, что позволяет находить действительно нетривиальное решение. Метод формирования идей включает в себя ряд способов, приемов, которые позволяют по-иному взглянуть на проблему, и по некоторым аспектам перекликается с методом контрольных вопросов.

Производству, генерированию идей способны помочь решения проблемных ситуаций, которые формулируют в виде вопросов и предложений:

Метод элементарных вопросов основан на постановке элементарных, но важных вопросов типа: что, где, почему, на что похоже, для чего, каким образом, и т.п. В результате постановки элементарного вопроса и ответа на него и находится искомое решение.

Метод наводящих вопросов особенно эффективен в сложной ситуации, когда между множеством взаимосвязанных явлений существует цепь причинно-следственных связей. При использовании этого метода задается цепь взаимосвязанных вопросов, а поиск рационального решения осуществляется в режиме вопрос-ответ, причем по мере получения ответов на промежуточные вопросы причина и следствие, как правило, меняются местами, а ответ на заключительный вопрос приводит к искомому решению.

Метод контрольных вопросов заключается в создании списков специальных вопросов, отвечая на которые находим решение. Потребность в методе возникает тогда, когда другие методы исчерпали себя. Таким образом, целью метода является ликвидация тупиковых ситуаций и поиск новых направлений, если первоначальная область поиска не дала приемлемых решений. Приведем варианты вопросов: какое новое применение объекту можно предложить? Что можно в объекте уменьшить? Можно ли что-нибудь уплотнить? Сжать? Сгустить? Сконденсировать? Ускорить? Сузить? Раздробить?

Метод фокальных вопросов назван так потому, что объект, над которым надо работать, ставится в центр внимания. Особенно хорош этот метод в случае поиска нового вида выпускаемого предприятием товара, например стула. Для этого берут любую книгу и из нее наугад выбирают несколько случайных объектов: лампу, змею, рукавицу, гараж... Подбирают все возможные случайные их признаки. К фокальному объекту (стулу) присоединяют признаки случайных объектов и придумывают ассоциации, которые возникают при этом состоянии. Манипулируя признаками случайных объектов, присоединяя их к фокальному объекту и анализируя возникающие при этом ассоциации, создают вполне патентоспособные объекты.

Кроме рассмотренных выше методов, возможны и другие способы получения достаточно работоспособных идей и решений. Рационализаторы и изобретатели составляют свои приемы, которые значительно упорядочивают, рационализируют поиск решений. Рассмотренные в настоящем пособии

способы позволяют достаточно целеустремленно организовать свою творческую работу, не дожидаясь "озарения". При проведении этой работы можно использовать рациональный уровень творчества, но чаще всего его оказывается недостаточно, поскольку над творчеством довлеет установившееся мировоззрение, условности; ум скован, его нужно "раскрепостить", выйти на уровень подсознания. Для этого существуют так называемые иррациональные методы творческой работы.

Методы аналогии весьма многочисленны. Назовем основные из них.

Метод репродукции предусматривает воспроизведение специфических особенностей отдельных предметов естественной природы в проектируемых объектах. В этом случае воспроизводятся внешние очертания, формы, пропорции и другие признаки. В качестве примера можно привести конструктивное исполнение телебашни, архитектуру некоторых ультрасовременных зданий.

Метод приспособления включает ряд, как правило, несложных операций с объектами неживой природы, позволяющих приспособить природные конструкции и вещества для технических целей (например, каменный молоток).

Метод копирования основан на использовании стандартных копирующих приспособлений для формирования конструктивного исполнения изделия или его отдельных составных частей с использованием найденных ранее аналогичных технических решений (например, ключи, товарные знаки, указатели и другие элементы конструкций).

Метод прецедента состоит в использовании принятого во вновь созданном образце оригинального и достаточно эффективного технического принципа для создания конструкций того же или иного функционального назначения (например, кассы-автоматы, банкоматы).

Метод модификаций заключается в таком обновлении отдельных компонентов существующей конструкции изделия путем их замены, при котором изделие способно выполнить новую функцию, аналогичную прежней, но не тождественную ей (например, замена ковша в ЭКГ, активный ковш).

Метод конвертирования аналогичен методу модификаций, однако, замене в существующем изделии подлежат не его компоненты, а используемые для работы изделия эксплуатационные материалы. При этом изделие выполняет на новых эксплуатационных материалах аналогичную функцию (например, поршневые ДВС, переведенные на иные виды топлива, холодильники).

Метод конструктивного подобия заключается в получении технических объектов, аналогичных существующим, путем реализации принципа геометрического (линейного, плоскостного или объемного) подобия, либо масштабного воспроизведения основных компонентов существующих объектов (параметрический ряд ЭКГ).

Метод реинтеграции заключается в создании нового сложного технического объекта по аналогии с относительно простым объектом или с его одним особо значащим компонентом. Примером может служить ракетный двигатель Ф.Цандера, созданный им по аналогии с паяльной лампой.

Метод псевдоморфизации предполагает создание технического объекта, аналогичного по форме другому техническому объекту, но имеющего иное функциональное назначение. Целью создания такого объекта зачастую является создание ложного представления о его реальной функции (например, ручка-гвоздь, зажигалка-пистолет).

Метод биохимии заключается в использовании в разрабатываемых конструкциях принципов действия, аналогичных биохимическим реакциям, действиям ферментов, катализаторов и т.п. (например, устройства, реализующие способы получения хлорофилла, мочевины, красителей).

Метод биомеханики основан на воспроизведении в разрабатываемых конструкциях принципов действия, аналогичных механическим принципам действия живых существ (например, стопоходящая машина Чебышева, воспроизводящая движение ног кузнечика).

Методы альтернативного поиска основаны на комплексном использовании в процессе поиска конструктивного решения таких приемов конструирования, которые образуют альтернативные пары вида "прием-

антиприем". К распространенным в конструкторской практике альтернативным парам приемов, относятся, например, увеличение-уменьшение (метод последовательных приближений), гиперболизация-миниатюризация (метод масштабных преобразований), макроидеализация - микроидеализация (метод идеализации).

Методы инверсии предусматривают поиск технических решений в направлениях, существенно отличных, как правило противоположных принятым в конструировании аналогичных объектов.

Метод инверсии физических величин основан на потенциальной возможности материалов и конструктивных исполнений многих видов изделий преобразовывать одни физические величины в другие (например, приборы, преобразующие звуковые, тепловые и другие величины в электрические - генератор, электродвигатель).

Метод инверсии направления действия объекта предусматривает изменение направления действия или траектории движения функционирующего изделия с целью повышения эффективности его работы при выполнении ими той же функции (например, реверс).

Метод инверсии энергии позволяет преобразовать энергию одного и того же вида из одной формы в другую (например, инверторы и выпрямители).

Метод инверсии формы объекта предусматривает переход от традиционных форм технического объекта к новым (например, самолет со складывающимися крыльями, катер на подводных крыльях).

Метод инверсии расположения объекта заключается в изменении пространственного положения технического объекта без существенного изменения его конструктивного исполнения и принципа действия (например, замена токарных станков горизонтального типа с вращающейся планшайбой станками вертикального типа с неподвижной планшайбой, позволяющими обрабатывать крупногабаритные изделия).

Метод инверсии свойств элемента предполагает такое воздействие на конструкционные материалы и геометрические формы конструктивных

элементов, при котором эти элементы приобретают диаметрально противоположные свойства (например, гибкий буровой став, гибкие корпусные детали, снимающие чрезмерные напряжения от действия вибрации).

Метод инверсии конструкционных материалов применяется в тех случаях, когда одновременно должны быть выполнены предъявленные к ним противоречивые требования (например, замена металлических деталей пластмассовыми, обеспечивающими сочетание традиционно таких противоречивых свойств как прочность и легкость).

Метод компенсации размеров заключается в подготовке и принятии технических решений, позволяющих восстанавливать изменяющиеся при работе геометрические формы и размеры и постоянно поддерживать их в установленных размерах (например, самозатачивающиеся резцы, сальниковые компенсаторы и другое).

Методы комбинирования базируются на системном анализе основных признаков изделия, образующих техническое описание его конструктивных исполнений. Комбинирование как способ действия при конструировании, включает в общем случае четыре последовательные операции:

разделение параметра (функции) изделия на упорядоченное множество параметров (подфункций) изделия;

классификация подфункций и составление "морфологического ящика", то есть в соответствующей морфологической матрице определяют комбинации компонентов исполнения изделия, обеспечивающих реализацию всех подфункций;

установление ограничений на множестве возможных комбинаций компонентов исполнений изделия;

отбор, с учетом установленных ограничений, из всего множества возможных комбинаций подмножеств, технически совместимых и целесообразных комбинаций.

Алгоритмические методы конструирования основаны на использовании приемов установления состава процедур решения технической задачи и последовательности реализации этих процедур.

Идея формирования и развития алгоритма решения изобретательских задач (АРИЗ), выдвинутая Г.С.Альтшуллером, состоит в том, что в основу алгоритма решения изобретательских задач должны быть положены законы развития технических систем в виде набора конкретных операторов.

АРИЗ был создан в 50-60-х гг. как свод правил, стандартов, приемов, моделей, применяемых в изобретательской практике. Для выполнения этой работы Г. С. Альтшуллер проанализировал десятки тысяч изобретений, сотни открытий и патентов. Им разработаны и методически правильно оформлены мысленные эксперименты, которые расшатывают представления о задаче, сбивают психологическую инерцию перед ее решением.

Алгоритм решения изобретательских задач не относится к числу вычислительных, хотя также расчленим на отдельные элементарные шаги и имеет циклы. Главное отличие от вычислительных алгоритмов состоит в том, что однозначных результатов при определенных исходных данных не получается. Кроме того, АРИЗ включает эвристические приемы и правила, которые характеризуются как "нестрогие". Они сокращают число вариантов перебора (или шагов поиска), но не гарантируют успешного решения задачи; могут изменить направление поиска, хотя и не всегда в нужную сторону.

Алгоритм решения изобретательских задач состоит из нескольких частей или стадий в зависимости от года его выпуска. Каждая часть делится на шаги. Процесс решения изобретательской задачи рассматривают как последовательность операций по выявлению и преодолению технических противоречий. Направленность поиска нужного решения определяется ориентацией на идеальный конечный результат (ИКР).

Принципы ИКР в АРИЗе тщательно отработаны, расписаны рекомендации по формулировке идеального конечного результата. Существуют два правила, помогающие точнее определить конечный результат: не следует

загадывать - возможно или невозможно достичь идеального результата; не надо заранее думать о том, как и какими путями будет достигнут конечный результат.

В АРИЗе широко использованы основные принципы системного подхода, разработаны некоторые формы специального информационного обеспечения. Достаточно хорошо отработана в нем и методика преодоления психологических барьеров решения технических противоречий.

Задачу ставят в известных уже терминах, которые не остаются нейтральными, они стремятся сохранить присущее им содержание. Изобретение же состоит в том, чтобы придать старым терминам, их совокупности новое содержание.

Инерцией, присущей технической терминологии, прежде всего и объясняют инерцию мышления. Изобретатель думает словами, и эти слова неощутимо для него подталкивают его в определенном направлении. Нужно, чтобы на всех стадиях АРИЗа в рассуждения не просачивались специальные технические требования. Потом, когда новая идея найдена, следует перейти к точной терминологии.

Механика творчества заключается в следующем: задачу обдумывают (связи между частями задачи ослабляются, но еще сильны и не дают ее решить по-новому); человек почти не думает о задаче, но инерция мышления продолжает расшатывать связи; связи порвались, и изобретатель легко переставляет части, меняет связи между ними. Возникает новая формула. Если изобретатель работает бессистемно, ему нужно много времени на разрыв привычных связей, АРИЗ делает процесс разрыва естественным и планомерным.

Постановка изобретательских задач предполагает в первую очередь нахождение технического противоречия (ТП), которое собственно и порождает требующую решения проблему. Поиск и разрешение технических противоречий по АРИЗ является достаточно формализованной процедурой и предполагает использование специальных подходов, приемов, стандартов.

При конструировании экспериментальной установки используем эвристические приемы, которые указывают на то, как преобразовать имеющееся техническое решение для получения искомого, также использовали метод элементарных и наводящих вопросов, а также проводили мозговой штурм. Целью работы является разработка исследовательского стенда по определению коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами.

В соответствии с целью поставлена задача. Конструирование, монтаж и наладка лабораторного стенда модели локомотива.

1.2. Основные принципы конструирования лабораторной установки

На начальной стадии конструирования нами была изучена сфера применения установок данного типа, как в горной промышленности, так и в других отраслях.

Выбор конструкции осуществлялся путем параллельного анализа нескольких вариантов по конструкторской целесообразности, совершенству кинематической и силовой схем, стоимости изделия, энергоемкости, габаритов, металлоемкости и массы, степени агрегатности, удобства обслуживания, сборки-разборки и регулирования некоторых параметров.

Компоновка основных узлов установки осуществлялась в эскизном варианте, затем были выполнены рабочие чертежи (произведена рабочая компоновка) всех узлов и агрегатов установки.

Начальным этапом конструирования установки было определение массы модели локомотива и мерных грузов, мощность электродвигателя, габаритных размеров установки. Для определения полной массы модели складываем все детали и узлы, располагаемые на раме (электродвигатель + валы колес + колеса + звездочки + цепь + площадка с валом закрепленного в подшипниках + корпус + токоприемник + мерные грузы). В итоге собственный вес локомотива составил 314 Н.

Габаритные размеры установки определились из соотношения реальных размеров модели электровоза «Д-100» уменьшенные в 13 раз.

После определения максимальной массы модели, ее размеров, был выбран материал для его изготовления, отвечающий двум критериям: легкость обработки и прочность.

Все узлы и детали модели выполнены из обыкновенной стали (ст20), которая с легкостью поддается обработке и удовлетворяет прочностными показателями.

1.3. Устройство лабораторной установки

Модель локомотива и все сопутствующее оборудование располагается на металлической станине, которая представляет собой сварную конструкцию выполненная из металлического уголка 32х32 мм. На станине расположились все составные компоненты стенда, ее изображение представлено на рисунке 2 (ДР-130400.65.09.001-2018ВО).



Рисунок 2 – Станина

Кузов локомотива сделан из листового металла 1мм упрочненный металлическим профилем квадратного сечения 20х20х1,5. Для удобства загрузки и разгрузки дополнительных грузов в корпусе выполнены откидные крышки, позволяющие с легкостью ставить и убирать мерные грузы. Откидные крышки соединены с корпусом с помощью шарниров, изображение корпуса представлено на рисунке 3 (ДР-130400.65.09.002-2018ВО).



Рисунок 3 – Кузов локомотива

На крыше локомотива расположен токоприемник, выполненный из металлического прута круглого сечения 8 мм и пластины 2 мм (рисунок 4 ДР-130400.65.09.006-2018ВО).



Рисунок 4 – Токоприемник

Также на станине закреплены специальные прожилыны для фиксирования пульта управления, рельс и отсека для хранения грузов. По бокам стенда установлены опоры, между которых проходит контактная сеть.

Техническая часть модели выполнена из множества взаимосвязанных между собой деталей и узлов, которые в сборе напоминают собой ходовую часть вагонетки с силовым агрегатом, она представлена на рисунке 5.

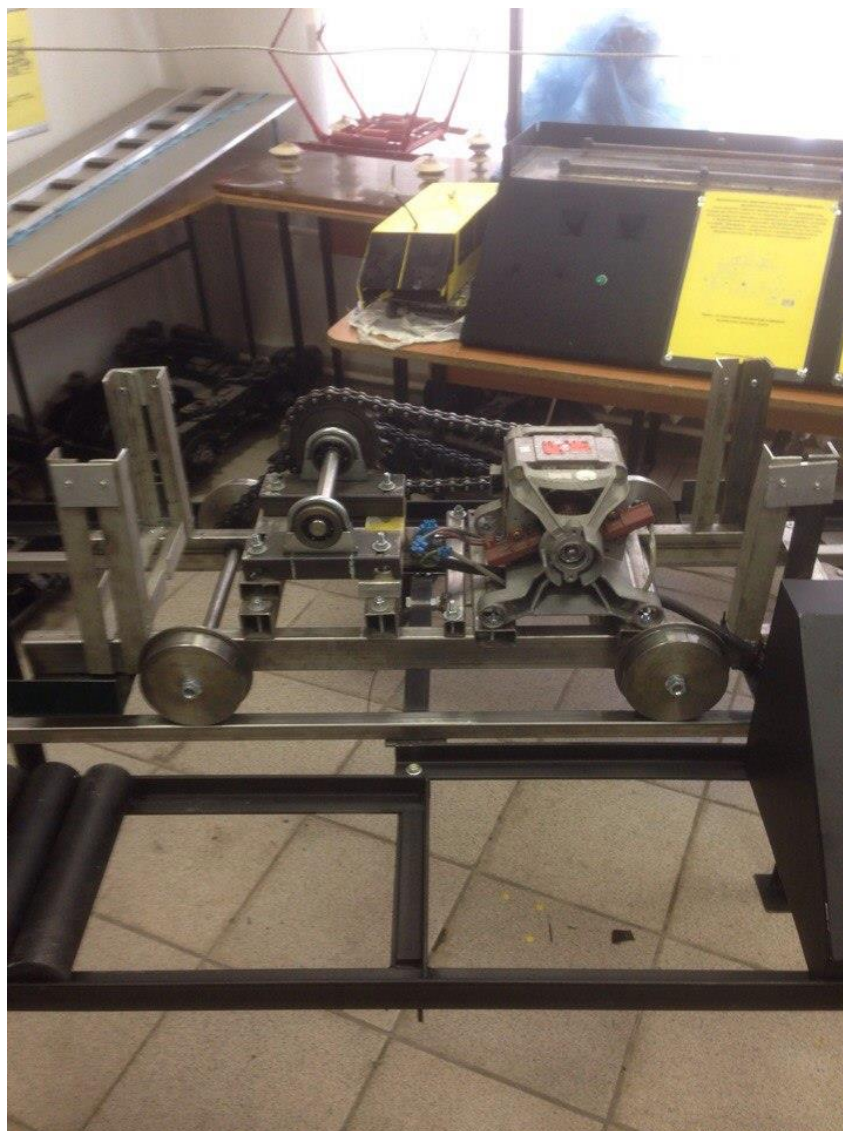


Рисунок 5 – Ходовая часть локомотива

Все детали ходовой части расположены на раме, выполненной из металлического профиля прямоугольного сечения 20x40x1,5 (ДР-130400.65.09.003-2018ВО). В раме сделаны отверстия под фторопластовые втулки и параллельно соединены валами колесных пар на расстоянии 200 мм (ДР-130400.65.09.008-2018ВО). Благодаря применению втулок из фторопласта сопротивление в местах трения с валами становится минимальным, что уменьшает энергозатраты и увеличивает ресурс узлов. По краям валов закреплены колеса, соотношение диаметров валов и колес приближено к реальным значениям. Колеса крепятся с валами с помощью резьбового

соединения и фиксируются гайкой М10. Колесо локомотива показано на рисунке 6 (ДР-130400.65.09.005-2018ВО).



Рисунок 6 – Колесо локомотива

Колеса вращаются за счет цепного привода, передаваемого через звездочки от электродвигателя. Силовая установка представляет собой электродвигатель 220 V, его изображение показано на рисунке 7.

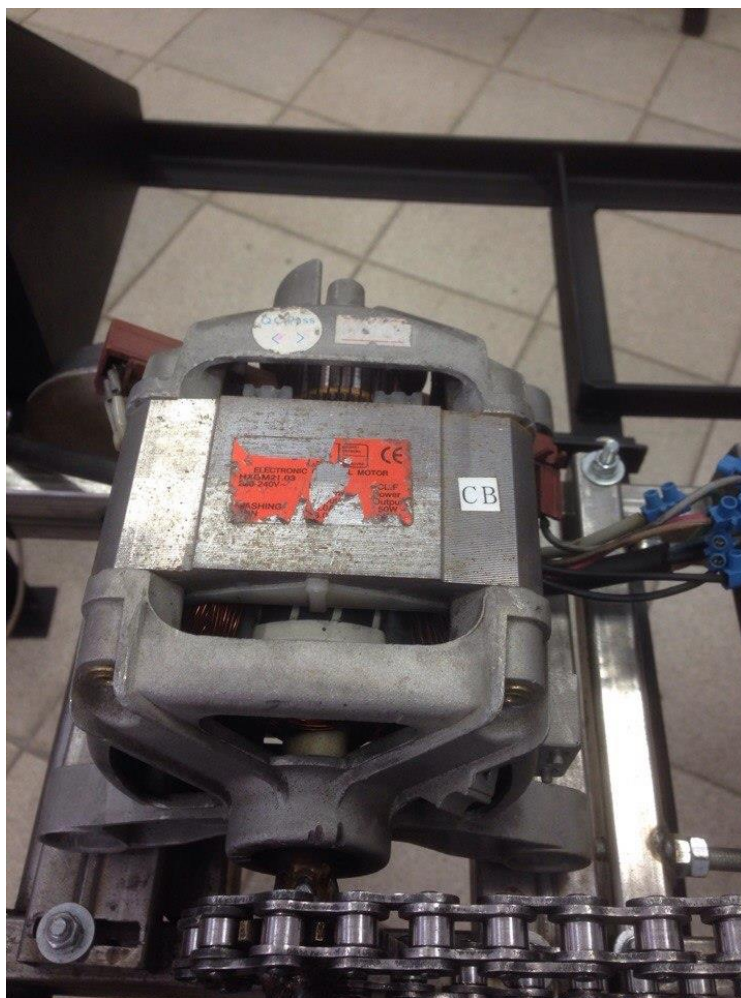


Рисунок 7 – Электродвигатель

Для выбранных нами габаритов и режимов работы экспериментальной установки, отлично подошел коллекторный электродвигатель от стиральной машинки Indesit, гармонично вписавшись в конструкцию и удовлетворяя тяговыми характеристиками. Мотор способен работать как от переменного, так и от постоянного тока. Он не большой по размеру и имеют плавное регулирование оборотов посредством электроники. Главный минус заключается в его устройстве, которое включает наличие щеток, они истираются и приходят в негодность. Для восстановления работоспособности двигателя их нужно периодически менять. Мощность двигателя составляет 350Вт, при этом частота вращения якоря варьируется в пределах 10000 – 11000

оборотов в минуту. Характеристики электродвигателя представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристики электродвигателя

Параметр	Мощность, кВт	Максимальная частота вращения ротора, об/мин	Номинальный пусковой ток, А	Сопротивление ротора, Ом	Сопротивление статора, Ом
Значение	0,35	11000	1,2	3,4	2,5

Так как частота оборотов данной силовой установки слишком велика, было принято решение по их уменьшению и регулированию. Поскольку конструкция электродвигателя позволяет регулировать обороты, в электрическую схему был включен диммер. Диммер — электронное устройство, предназначенное для изменения электрической мощности (регулятор мощности). Простейший диммер представляет собой переменный резистор (например, реостат), но на таком регуляторе выделяется чересчур большая мощность, сравнимая на малых уровнях с мощностью нагрузки, что обуславливает низкий КПД и сильный нагрев устройства. Роль диммера может выполнять автотрансформатор. Автотрансформаторы по сравнению с симисторными и тиристорными диммерами имеют бóльшие габариты и вес, требуют приложения больших механических усилий для управления и дóроги, но выдают неискаженный синусоидальный (или весьма близкий к нему) выходной сигнал частотой 50 или 60 Гц во всем диапазоне регулируемого напряжения без привнесения помех переключения. Наиболее компактными и экономичными считаются электронные диммеры. Во всех современных электронных диммерах в качестве силового элемента используется полупроводниковый симисторный или транзисторный ключ. Диммер показан на рисунке 8.

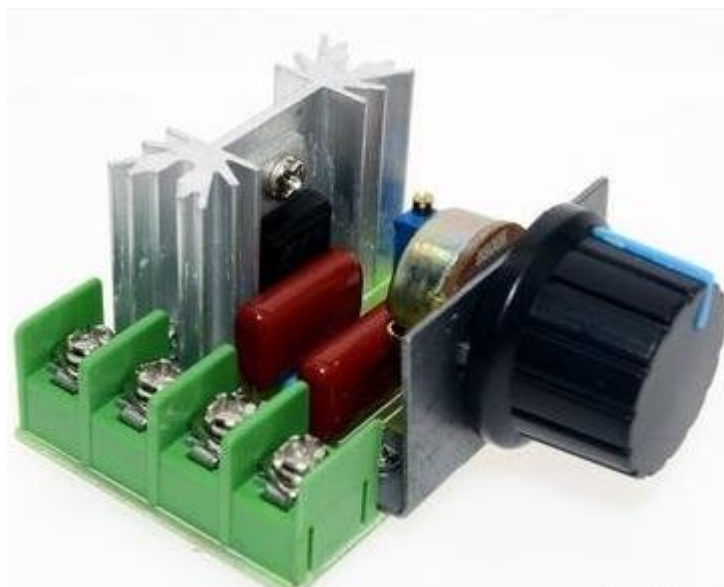


Рисунок 8 – Диммер (реостат)

Дополнительно для того чтобы облегчить пуск электродвигателя и продемонстрировать пробуксовку колес на малых оборотах, было принято решение понизить передаточное отношение, установив после ведущей звездочки (9 зубьев) установив ведомую (21 зуб) она представлена на рисунке 9. Таким образом получаем передаточное отношение $2,33 : 1$ тем самым уменьшаем частоту вращения и увеличиваем тяговую способность электродвигателя. Все звездочки для данной установки были использованы мотоциклетные, они жестко скреплены с валами с помощью шпонок, сварки, втулок и резьбовых соединений. (Рисунок 9,10). Звездочка понижающей передачи закреплена на валу, опорами которого, являются подшипники качения.



Рисунок 9 – Понижающая передача

Для реализации вращения колес использовали цепную передачу. Цепная передача - это передача механической энергии при помощи гибкого элемента - цепи, за счёт сил зацепления. В своем стенде применили мотоциклетную цепь, параметры цепи представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики цепи

Параметр	Шаг, мм	Ширина между внутренними роликами, мм	Наружный диаметр ролика, мм	Ширина по выступам соединительного звена, мм
Значение	15,875	965	10,16	24

Изображение цепи показано на рисунке 9, 10. Сначала цепь соединяет звездочки электродвигателя и понижающей передачи, а затем пониженную

передачу с валами колесных пар. Цепь в нашем случае пластинчатая, втулочная, однорядная. В случае растяжения цепи предусмотрен натяжитель.



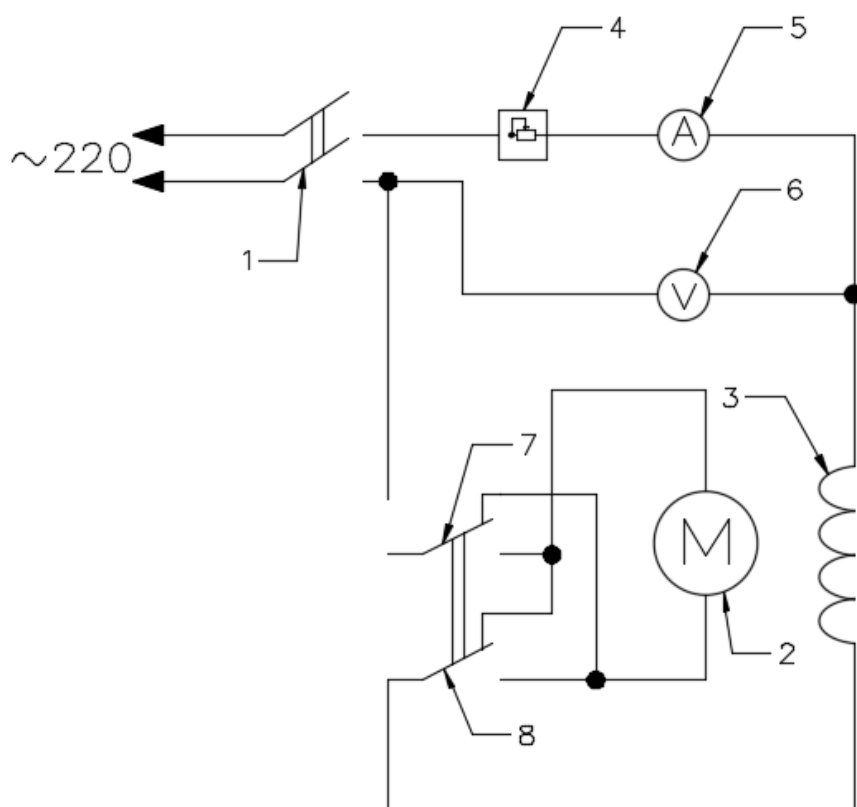
Рисунок 10 – Цепь на ведущей звездочке

За управление модели отвечает пульт, находящийся на переднем плане станины. Пульт представляет собой коробку выполненную из металлического листа 1 мм. На нем расположились: вольтметр, амперметр, тумблер подающий питание на электродвигатель, регулятор мощности и тумблер переднего/заднего хода (Рисунок 11 ДР-130400.65.09.004-2018ВО).



Рисунок 11 – Пульт управления

Электрическая схема экспериментальной установки изображена на рисунке 12 .



1 – Сеть; 2 – Электродвигатель; 3 – Блок питания; 4 – Регулятор мощности;
5 – Амперметр; 6 – Вольтметр; 7 – Ход вперед; 8 – Ход назад;

Рисунок 12 – Электрическая схема установки

Для отслеживания изменений сцепного веса и получения данных для вычисления коэффициента сцепления, используем электронный динамометр, он отображен на рисунке 13 (ДР-130400.65.09.0010-2018ВО).



Рисунок 13 – Динамометр АЦД/1Р-0,1/1И-2

Электронные динамометры серии АЦД предназначены для измерения статической силы растяжения, используются как образцовые приборы при периодической поверке сило-измерительных устройств испытательных машин и стендов и как рабочие динамометры, работающие на растяжение. Динамометры представляют собой тензометрический датчик, соединенный кабелем связи с электронным измерительным индикатором.

Для увеличения сцепного веса локомотива используем мерные грузы. Грузы выполнены в виде стальных болванок массой по 2,5 кг (Рисунок 14 ДР-130400.65.09.007-2018ВО). Нагружая ими равномерно установку, получаем опытные данные зависимости коэффициенты сцепления от сцепного веса. Чтобы получить более точные данные увеличиваем количество измерений, устанавливая по одному грузу с каждой стороны, далее по два грузика, три и

четыре. Таким образом получаем четыре разных значения и дополнительно к каждому эксперименту регулируем величину силы тока если это необходимо.



Рисунок 14 – Мерные грузы

После того как были изготовлены все детали и узлы выполняем их сборку и проверяем стенд на его работоспособность. Экспериментальная установка представлена на рисунке 15 (ДР-130400.65.09.011-2018СБ). Спецификация (ДР-130400.65.09.012-2018С).



Рисунок 15 – Стенд по определению коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами

1.4 Подготовка к работе

Перед началом выполнения работ на данном стенде, каждый должен пройти инструктаж по технике безопасности. После пройденного инструктажа необходимо подключить стенд к сети 220 вольт и установить динамометр. Первый эксперимент проводим без утяжеляющих грузов, т.е. определяем

коэффициент сцепления при собственном весе локомотива. Далее необходимо передвинуть тумблер в положение «включено» и отрегулировать мощность до начала пробуксовки колес. Занести в таблицу данные динамометра, сцепной вес и силу тока. Следующим опытом кладем по одному грузу с каждой стороны и так же фиксируем полученные значения в таблице. Таким же образом проводим эксперимент с двумя, тремя и четырьмя грузами по каждой стороне. Все данные заносим в таблицу и выполняем расчет коэффициента сцепления колес локомотива с рельсами. Далее проводим те же самые эксперименты с разными состояниями рельсов: мокрыми, с подсыпкой песка, смазанными.

После проведения всех операций, груза необходимо выложить в специальный отсек, отключить стенд от сети и снять динамометр.

2. БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Лабораторный стенд располагается в лаборатории кафедры «Горные Машины и Комплексы» Института Горного Дела Геологии и Геотехнологий Сибирского федерального университета.

В соответствии с Постановлением Правительства Российской Федерации от 23 мая 2002г. № 399 «О нормативных актах, содержащих государственные нормативные требования охраны труда» к нормативным актам относятся инструкции по охране.

Порядок разработки, согласования, утверждения и учета инструкций по охране установлен - Постановлением Министерства труда и социального развития Российской Федерации от 27 декабря 2002 г. № 80 «Об утверждении методических рекомендаций по разработке государственных нормативных требований охраны труда».

В соответствии со статьей 212 Трудового Кодекса Российской Федерации ректор университета обязан обеспечить разработку и утверждение инструкций по охране труда здоровья обучающихся с учетом мнения выборного органа первичной профсоюзной организации в порядке, установленном статьей 372 ТК РФ для принятия локальных нормативных актов.

На основании положения по охране труда университета организация разработки инструкций для учебных кабинетов, лабораторий возлагается на руководителей структурных подразделений университета. Непосредственными составителями инструкций являются заведующие кабинетами и лабораториями.

Общие требования охраны труда:

1. Настоящая инструкция устанавливает требования, обязательные для исполнения студентами в учебно-научной лаборатории (далее -лаборатории).

2. Нарушения (невыполнение, ненадлежащее выполнение или уклонение от выполнения) требований данной инструкции, в зависимости от наступивших последствий, влечет уголовную, административную, дисциплинарную или иную ответственность в соответствии с действующим законодательством РФ.

3. К работе в лабораториях кафедры допускаются студенты прошедшие инструктаж по охране труда и пожарной безопасности.

4. В лаборатории запрещается курить, принимать пищу и напитки.

5. Запрещается работать в лаборатории в отсутствие преподавателя или лаборанта, а также выполнять в лаборатории экспериментальные работы, не связанные с выполнением учебного практикума.

6. Во время работы в лаборатории необходимо соблюдать чистоту, тишину и порядок. При всех работах необходимо соблюдать максимальную осторожность, помня, что неаккуратность, невнимательность, недостаточное знакомство с приборами могут повлечь за собой несчастный случай.

7. Запрещается подключать неизвестные приборы к лабораторным розеткам.

8. Запрещается переносить, передвигать включенную установку.

9. Все вопросы по выполнению эксперимента, возникающие в процессе работы, следует немедленно выяснить у преподавателя.

10. Возможные опасности при работе в лаборатории:

- поражение электрическим током;
- травмирование при нарушении правил безопасности при работе с приборами и оборудованием.

Требования охраны труда перед началом работы

1. Студент должен быть информирован о содержании предстоящей работы и знать ее методические особенности по учебному практикуму.

2. Ознакомиться с настоящей инструкцией и расписаться в журнале по технике безопасности.

3. Работа в лаборатории должна производиться исключительно на исправном стенде.

3. Приступать к выполнению работы студенты могут только с разрешения преподавателя и в его присутствии.

4. Студентам запрещается доступ к распределительным щитам и установкам, не относящимся к выполняемой ими работе.

5. До начала работы все ее участники должны на месте подробно ознакомиться со схемой лабораторной установки, обратив особое внимание на место расположения выключателя со стороны питающей сети. Особое внимание обращать на цепи возбуждения двигателя постоянного тока.

Требования охраны труда во время работы

1. Включение напряжения производить только после проверки экспериментального стенда преподавателем и с его разрешения, при этом необходимо лично убедиться в отсутствии деформаций и повреждений узлов и агрегатов экспериментальной установки.

2. Если по ходу работы экспериментальную установку требуется неоднократно включать или выключать, то эти операции должен производить один человек.

3. Во время работы запрещается снимать кузов локомотива, прикасаться к силовым проводам, а так же касаться подвижных элементов конструкции.

4. Запрещается работать в шарфах, косынках (на плечах), с распущенными волосами.

5. Не оставлять включенную установку без присмотра.

6. Нагружение экспериментальной установки разрешается проводить только при выключенном электродвигателе.

Требования охраны труда в аварийных ситуациях

1. О любом несчастном случае пострадавший или очевидцы обязаны незамедлительно сообщить руководителю.

2. При возникновении несчастного случая преподаватель или лаборант обязаны принять меры по предотвращению воздействия травмирующего фактора на потерпевшего и оказать первую помощь либо обратиться в здравпункт, либо вызвать «Скорую помощь» (вызов со стационарного телефона – 03; с сотового телефона – 112), либо доставить потерпевшего в организацию здравоохранения.

3. При обнаружении пожара или признаков горения (задымление, запах гари, повышение температуры и т.п.) немедленно сообщить преподавателю (лаборанту) и следовать его указаниям.

Требования охраны труда по окончании работы

1. По окончании работы необходимо отключить все источники питания.

2. Снять средства индивидуальной защиты (если есть).

3. После выполнения работы студенты должны прибрать свое рабочее место и сдать лаборанту.

В соответствии с действующими санитарными нормами все кабинеты и лаборатории университета оборудованы освещением, отоплением и вентиляцией. Каждый кабинет и лаборатория укомплектованы санитарной аптечкой и средствами пожаротушения (АПС, огнетушители марки ОП-4Г).

3. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Данная работа была выполнена с использованием сетевой модели, именно это позволило рационально распределить время по видам работ и выполнить выпускную дипломную работу в установленный учебным графиком срок.

За основу сетевого планирования и управления (СПУ) была взята сетевая модель – графическое изображение, которое получило название сетевого графика.

Целью применения СПУ является разработка оптимального или довольно приближенному к нему варианта выполнения работ, обеспечивающего рациональное распределение выполняемых работ по времени, наиболее грамотное использование необходимых ресурсов, а также эффективное управление процессом реализации заданного плана.

К элементам сетевого графика, построенного в виде работа-стрелка, относятся: работа, событие, путь.

Работа (операция) - является основным элементом сетевого графика. Различают следующие виды работ: действительная работа, работа-ожидание и фиктивная работа.

Действительная работа - это трудовой процесс, в котором участвуют люди, используются машины, потребляются материально - технические и денежные ресурсы (устройство перемишек, изготовление экспериментального стенда, монтаж узлов металлоконструкций и т.д.). Она изображается в виде сплошной стрелки; над стрелкой указывается наименование (содержание) работы, а под стрелкой - продолжительность выполнения работы в выбранных временных единицах. Выбор единицы измерения продолжительности работы зависит от уровня руководства, которому предназначен сетевой график. Так, например - в проекте организации занимающейся строительством, в качестве единицы измерения времени принимаются месяц или квартал, в проектах производства работ - дни, недели, месяцы; при планировании работы

комплексных бригад - смены, часы. Продолжительности выполнения всех работ в одном сетевом графике должны быть определены в одних единицах. Предполагается, что время протекает в направлении, указанном стрелкой: окончание стрелки - начало, а острие - окончание работы.

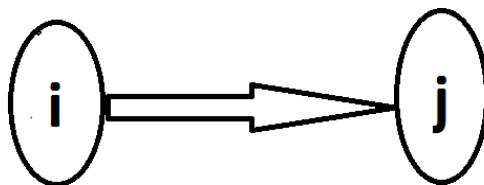


Рисунок 13 – Изготовление экспериментальной установки

Работа - стрелка соединяет два события: i - предшествующее и j - последующее. Пара номеров событий образуют код (шифр) работы. Первым читается номер события, стоящего в окончании стрелки, и вторым - у острия. Как было сказано выше, расчеты сетевых графиков и решение различных задач на их основе производятся на ЭВМ, при этом машина распознает виды работ только лишь по их коду. Продолжительность работы обозначается кодом - t_{ij} .

Ожидание - работа, для выполнения которой исключительно лишь время, никакие иные ресурсы при этом не расходуются (затвердение бетона, наполнение водохранилища). Работа - ожидание изображается так же, как и действительная работа.

Фиктивная работа - вспомогательный элемент сетевого графика, позволяющий сделать график более удобным для восприятия, правильно уделить внимание на организационные и технологические связи между выполняемыми работами. Фиктивная работа не потребляет никаких ресурсов и продолжительность ее равна нулю. Обозначается она пунктирной стрелкой.

Событие - это факт окончания одной работы и начала другой. Событие чаще всего отображается кружком, в котором указывается номер.

Событие не связано с использованием ресурсов и продолжительность его

равна нулю. Считается, что работа выходит из одного события и входит в другое.

Различаются начальные и конечные события. Конечное событие так - же могут называть целью. По количеству конечных событий различают одно- и многоцелевые сетевые графики.

Путь - это последовательность работ в сетевом графике, при которой окончание предыдущей работы совпадает с началом последующей.

Для работы или события существует предшествующий путь, ведущий из первоначального события к данному или из начального события к событию, предшествующему данной работе.

Аналогично для работы и события существуют последующие пути, связывающие данное событие с конечным или событие, последующее за данной работой, с конечным.

Полный путь связывает изначальное событие с конечным. Самый продолжительный полный путь называется критическим.

Сетевой график в форме работа - стрелка получил наибольшее распространение, потому - что содержит текстовую информацию (наименования работ, указанных над стрелками) и облегчает восприятие графика человеком.

Для обработки на ЭВМ график должен быть представлен в форме, «понятной» для машины. Наиболее часто используемой является так называемая списочная форма задания сетевого графика.

Каждая строка таблицы включает в себя информацию об одной работе графика. Число строк равно количеству работ в сетевом графике (для сети в форме работа-стрелка включаются и фиктивные работы). В первой колонке записаны изначальные числа кодов работ I , во второй - окончательные числа этих кодов j , в третьей колонке - продолжительность выполнения этих работ t_{ij} .

Число столбцов может быть большим: например, в дополнительном столбце часто указывают число рабочей силы, привлеченной к выполнению работы, количество материально-технических ресурсов, используемых на

работе, и т.д.

Все события (вершины) в сетевом графике в форме работа-стрелка необходимо пронумеровать. Предпочтительной является так называемая упорядоченная нумерация, при которой номер вершины, стоящей в начале дуги (в хвосте стрелки), будет меньше номера вершины, стоящей в конце дуги (у острия стрелки), т.е. для любой дуги $i < j$. Наибольшее количество алгоритмов, по которым осуществляются расчеты, напрямую связанные с сетевыми графиками, ориентированы конкретно на упорядоченную нумерацию вершин.

Упорядочение вершин может быть осуществлено самой ЭВМ по специальной программе. При списочном задании сетевого графика упорядочение осуществляется вручную до переноса информации на машинные носители. Для этого часто используется алгоритм, который принято называть способом вычерчивания выходящих дуг. Он заключается в следующем: на графике находится вершина (или вершины), не имеющая входящих дуг; этой вершине (вершинам) присваивается очередной порядковый номер (очередные порядковые номера); вычеркиваются все дуги, выходящие из отмеченной вершины (из отмеченных вершин) и в предположении, что вычеркнутых дуг больше нет, алгоритм начинают с самого начала, пока не будет пронумерована последняя вершина.

Формальные правила построения сетевых графиков являются общими для всех сетевых графиков независимо от того, какие проекты они моделируют; строительство автодороги, разработку экспериментальной установки или организацию учебного процесса в вузе. Придерживание правил позволяет использовать к обработке всех сетевых графиков одни и те же алгоритмы и программы для ЭВМ.

Правило 1 – Ни одна работа в сетевом графике не может начаться прежде, чем будут закончены все без исключения предыдущие ей работы. Следствием этого правила является требование, чтобы в сетевом графике не было циклов.

Правило 2 – В сетевом графике не должно быть двух и более работ, имеющих один и тот же код (это правило называется правилом изображения

параллельных работ, то есть таких, которые могут быть выполнены одновременно). Так как ЭВМ распознает работы только по коду, то она не сможет различить в конкретном случае одну работу от другой. Для верного изображения этого фрагмента нужно ввести два дополнительных события и две фиктивные работы. В форме стрелка-связь фиктивных работ не требуется.

Правило 3 – В сетевой график нельзя включать ни одного события, кроме изначального, не имеющего предшествующих работ.

Правило 4 – В одноцелевом сетевом графике не должно быть ни одного события, кроме конечного, не имеющего последующих работ.

Правило 5 – Правило изображения сложных работ. Сложной может называться работа, выполнение части которой достаточно для начала одной из последующих работ. Для снижения общей продолжительности выполнения проекта сложная работа должна быть разбита на простые, и последующие работы должны начинаться сразу, как только это физически окажется возможным.

Правило 6 – Правило упоминания фиктивных работ. Как уже было сказано ранее, фиктивные работы - это вспомогательный элемент при изображении сетевых графиков в форме работа - стрелка. В некоторых конкретных случаях в сетевой график целесообразно ввести дополнительные фиктивные работы, которые являются избыточными, но при этом позволяют сделать график наиболее наглядным.

Но стоит заметить, что при этом не следует забывать, что увеличение количества фиктивных работ непосредственно увеличит объем работы по подготовке исходных данных для расчета сетевого графика и время расчетов. Таким образом, необходимо стремиться к тому, чтобы не прибегать к введению абсолютно бесполезных фиктивных работ.

Временной характеристикой всего сетевого графика является протяженность критического пути $T_{кр}$. В одноцелевом графике существует, по крайней мере, один критический путь, однако таких путей может быть и множество. Так же может быть, что будут случаи, когда все пути в сетевом

графике будут критическими. В многоцелевом сетевом графике минимальное значение критических путей равняется количеству конечных событий (целей), при этом продолжительность этих путей могут быть разными.

Для каждой работы в сетевом графике различают 6 временных параметров: t_{ij}^{pn} - раннее начало; t_{ij}^{po} - раннее окончание; $t_{ij}^{пн}$ - позднее начало; $t_{ij}^{по}$ - позднее окончание; R_{ij}^n - полный резерв времени; R_{ij}^c - свободный резерв времени.

Ранние начала и ранние окончания находятся в процессе подсчета графика от изначального события к конечному. Раннее окончание работы связано с ее ранним началом зависимостью: $t_{ij}^{po} = t_{ij}^{pn} + t_{ij}$.

где t_{ij} - продолжительность выполнения работы.

Раннее начало работы – есть самый ранний срок, в который работа может начаться. Численно он равен продолжительности самого наибольшего предшествующего данной работе пути. Как бы много ни было этих предшествующих путей им всегда будут принадлежать работы, непосредственно относящиеся к данной.

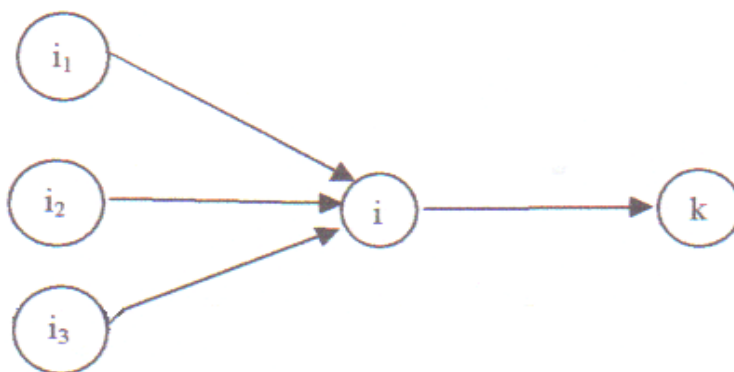


Рисунок 14 – Этап выполнения работ от начального к конечному

Из рисунка и правила построения сетевого графика можно сказать, что:

$$t_{jk}^{pn} = \max\{t_{ij}^{po}\} \quad (1)$$

Вычисления по данной формуле осуществляются шаг за шагом, в направлении от изначального события к конечному.

Поздние начала и поздние окончания находятся в процессе расчета графика «ходом назад» - от конечного события к начальному. Они объединены зависимостью:

$$t_{ij}^{пн} = t_{ij}^{по} - t_{ij} \quad (2)$$

Позднее окончание работы определяет самый поздний срок, в который работа может быть окончена, не увеличивая продолжительности критического пути. Численно позднее окончание работы равняется разности между продолжительностью критического пути и самого наибольшего последующего за данной работой пути. Как бы много ни было таких путей им всегда будут принадлежать работы, непосредственно последующие за данной.

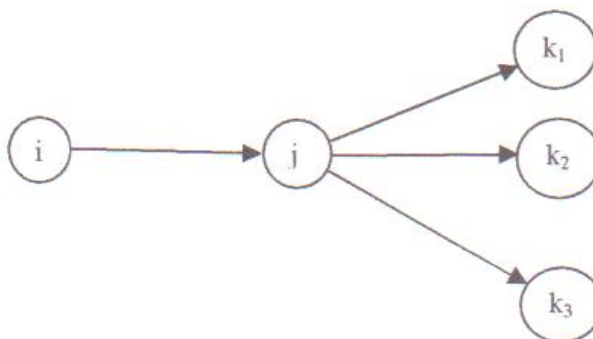


Рисунок 15 –Этап выполнения работ от конечного события к начальному

В соответствии с определением и рисунком следует, что

$$t_{ij}^{по} = \min\{t_{jk}^{пн}\} \quad (3)$$

Как правило, если из постоянной продолжительности критического пути вычитать длины различных по протяженности путей, то минимум разности

можно наблюдать тогда, когда будет вычитаться путь максимальной длины. Вычисления по этой формуле осуществляются шаг за шагом от конечного события к изначальному.

Полный резерв времени работы показывает, на какой промежуток времени возможно сдвинуть сроки исполнения работы правее (в сторону их увеличения), не увеличивая при этом продолжительности критического пути:

$$R_{ij}^n = t_{ij}^{po} - t_{ij}^{po} = (t_{ij}^{pn} + t_{ij}) - (t_{ij}^{pn} + t_{ij}) = t_{ij}^{pn} - t_{ij}^{pn} \quad (4)$$

Если на какой-либо работе был использован весь полный резерв времени, то по крайней мере один из последующих за данной работой путей будет критическим.

Свободный резерв времени показывает промежуток времени, на который можно сдвинуть сроки исполнения работы правее, не меняя ранних начал следующих за ней работ, и вычисляется по следующей формуле:

$$R_{ij}^c = t_{ik}^{pn} - t_{ij}^{po} \quad (5)$$

Так как работы jk , последующие за работой ij , все равно не могут быть начаты раньше, чем это определено их ранним началом t_{ik}^{pn} , то применение свободного резерва на данной работе никак не отражается на сроках выполнения последующих работ.

Между резервами времени, которыми располагают работы, существует соотношение:

$$R_{ij}^n > R_{ij}^c;$$

Кроме того, резервы не отрицательны: $R_{ij}^n > 0$ и $R_{ij}^c > 0$.

Работы, относящиеся к критическому пути, имеют резервы времени, равные нулю, т.е. для них $R_{ij}^n = R_{ij}^c = 0$.

При расчете сетевых графиков в табличной форме применяется списочная форма задания сетевого графика, в котором отображаются

цифровые коды ij и продолжительность работ t_{ij} .

Обязательна упорядоченная нумерация событий. Работы заносятся в список в порядке возрастания первых чисел их кодов i , при этом вначале упоминаются все работы, выходящие из 1-го (изначального) события и имеющие первое число кода 1, затем - все работы, выходящие из 2-го события (начальное число кода - 2); потом из 3-го и т.д. Работы, выходящие из одного события, вносятся в список в порядке увеличения вторых чисел их кодов j . Так, например, если из события 5 выходят работы 5-6, 5-9, 5-8, то в списке они должны быть упомянуты в порядке 5-6, 5-8, 5-9.

При упорядоченной нумерации событий (для всех работ) и передерживании основных правил занесения работ в таблицу для любой работы ij вся необходимая информация о предыдущих работах будет находиться в строках таблицы, находящихся выше той, в которой упомянута информация о данной работе. При этом работы, непосредственно предшествующие данной, с последним числом кода будут иметь i , т.е. первоначальное число кода конкретной работы. Вся информация о работах, последующих за работой ij , будет указана в строках таблицы, находящихся ниже. При этом работы, непосредственно последующие за данной, первым числом кода будут иметь j , т.е. последнее число кода данной работы.

Цель расчета заключается в определении более ранних и конечных сроков исполнения работ, резервов времени, которыми располагают работы, а также в индикации критического пути и определении календарных сроков выполнения работ, например, по их ранним началам.

Расчет ранних сроков выполнения работ осуществляется «ходом вперед», что способствует передвижению в направлении от первой строки к последней. Алгоритм расчета ранних сроков описан ниже:

- 1) определяются ранние начала работ, следующих из начального события (первым числом кода этих работ является $i = 1$);

- 2) по формуле находятся ранние окончания тех работ, для которых определены их ранние начала (если найдено раннее окончание последней

работы, переходят к п.4);

3) по формуле определяются ранние начала работ, первое число кода которых равно $i + 1$ (переход к п.2);

4) конец.

Продолжительность критического пути равняется максимальному из чисел 5-го столбца таблицы.

Расчет более поздних сроков выполнения работ происходит «ходом назад». Алгоритм расчета поздних сроков следующий:

1) определяется позднее окончание работ, входящих в последнее событие (последнее число кода этих работ равняется числу событий в графике j), оно равно протяженности критического пути;

2) по формуле рассчитываются поздние начала работ, для которых были найдены их поздние окончания, если определено позднее начало работы, код которой записан в первой строке, переходят к п.4;

3) по формуле рассчитываются поздние окончания работ, последнее число кода которых равно $j - 1$, переход к п.2;

4) конец.

Далее необходимо произвести расчет резервов времени, который можно осуществлять в произвольном порядке. Однако стоит отметить что, наиболее рационально вначале вычислить полные резервы времени и в том случае если они окажутся равными нулю, то для этих работ будет не целесообразно вычисление свободных резервов, так как последние будут равны нулю.

По формуле находятся свободные резервы для оставшихся работ.

Исходные данные для расчета сетевого графика изготовления экспериментальной установки приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень работ

Код работы	Наименование работы	Код события	Наименование события	Продолжительность работы, дни
1-2	Изучение литературы	2	Устройство и принцип действия стенда по определению коэффициента сцепления приводных колес локомотива с рельсами	5
2-3	Составление технического задания	3	Изучены технические характеристики	5
2-12	Изучение литературных источников	12	Составление пояснительной записки	4
3-4	Поиск материалов	4	Материалы выбраны	5
4-5	Создание эскизного проекта	5	Эскиз готов	10
5-6	Закупка материалов	6	Подготовка к использованию материала	5
6-7	Обработка материала	7	Материал готов к использованию	10
7-8	Изготовления узлов	8	Узлы изготовлены	15
8-9	Соединение узлов	9	Узлы собраны	2
9-10	Конструирование установки	10	Конструкция готова	10
10-11	Монтаж и наладка макета	11	Установка готова	2
11 - 12	Окраска макета	11	Окрашен по ГОСТ	2
12-13	Составление пояснительной записки	12	Пояснительная записка готова	10
13 -14	Защита дипломного проекта	14	Диплом защищен	1

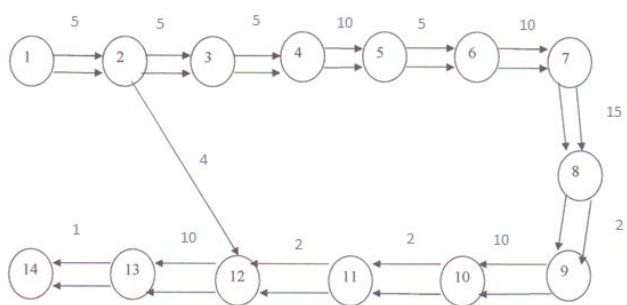


Рисунок 14 – Сетевой график процесса выполнения дипломной работы

Таблица 8 – Расчет параметров сетевого графика табличным методом

Предшествующее событие, i	Последующее событие, j	Продолжительность работы, t_{ij}	Раннее начало работ, $t_{p.n.(ij)}$	Раннее окончание работ, $t_{p.o.(ij)}$	Позднее начало работ, $t_{п.н.(ij)}$	Позднее окончание работ, $t_{п.о.(ij)}$	Полный резерв времени работ, $R_{п.(ij)}$	Частный резерв времени работ, $Ч_{(ij)}$
1	2	5	0	5	0	5	0	0
2	3	5	5	10	5	10	0	0
2	12	4	5	40	5	42	2	35
2	3	5	10	15	10	15	0	0
3	4	5	15	20	15	20	0	0
4	5	10	20	30	21	31	1	10
5	6	2	30	32	31	33	1	2
6	7	2	32	34	32	34	0	0
7	10	2	34	36	36	38	2	2
8	9	2	38	40	38	40	0	0
9	11	2	40	42	40	42	0	0
10	12	2	42	44	42	44	0	0
11	12	2	40	44	44	46	2	4
12	13	10	44	54	44	54	0	0
13	14	1	54	55	54	55	0	0

i - предшествующее событие;
 j - последующее событие;
 t_{ij} - продолжительность работы;
 $t_{p.n(ij)}$ - раннее начало работ;
 $t_{p.o(ij)}$ - раннее окончание работ;
 $t_{n.n(ij)}$ - позднее начало работ;
 $t_{n.o(ij)}$ - позднее окончание работ;
 $R_n(ij)$ - полный резерв времени работ;
 $Ч_{(ij)}$ - частный резерв времени работ.

Для расчета полного и частного резервов времени работ используются следующие формулы:

$$R_n(ij) = t_{n.o(ij)} - t_{p.o(ij)} \quad (6)$$

$$Ч(ij) = t_{p.n(jh)} - t_{p.o(ij)} \quad (7)$$

где $t_{p.n(jh)}$ - раннее начало последующей работы.

Выводы: Сетевой график изготовления стенда, имеет пути:

L_1 : 1 -2- 12-13- 14; $t_{L1} = 51$ дн.

L_2 : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 - 7 - 8- 9- 10 - 11- 12 - 13 - 14; $t_{L2} = 55$ дн.

Критический путь равен 55 дней и не имеет резервов времени.

Для расчета резервов времени событий необходимо определить ранние и поздние сроки наступления событий.

Таблица 9 – Расчет ранних и поздних сроков свершения событий и резервов времени событий

Код событий	t_{pi}	t_{ai}	R_i
1	2	3	4
1	0	0	0
2	5	5	0
3	10	10	0
4	15	15	0
5	20	20	0
6	30	31	1
7	32	33	1
8	34	34	0
9	36	48	2
10	40	40	0
11	42	42	0
12	44	46	2
13	54	54	0
14	55	55	0

Себестоимость продукции - это стоимостная оценка используемых в процессе производства продукции природных ресурсов, сырья, материалов, топлива, энергии, основных фондов, трудовых ресурсов, а также других затрат на её производство и реализацию. Состав себестоимости регламентируется Постановлением Правительства РФ №552 от 05.08.92 г. с учетом изменений и дополнений №661 от 01.07 95 г. и главой 25 Налогового кодекса РФ:

- Материальные затраты (за вычетом стоимости возвратных отходов);
- Затраты на оплату труда (все виды оплаты труда и другие выплаты);
- Отчисления на социальные нужды;
- Амортизация основных фондов;
- Прочие денежные затраты.

Таблица 10 – Расчет стоимости материалов, необходимых для изготовления стенда

Наименование материалов	Количество	Цена, руб	Сумма, руб
Уголки, м	10	150	1500
Профиль металлический, м	6	150	900
Металл (лист 2мм) м ²	1	400	400
Металл (лист 1мм) м ²	1	270	270
Вал, шт	3	300	900
Колеса,шт.	4	100	400
Мерный груз, шт	8	50	400
Краска, кг	1	300	300
Цепь, шт	1	350	350
Звездочки, шт	5	100	500
Двигатель, шт	1	1000	1000
Подшипники, шт	2	80	160
Вольтметр, шт	1	400	400
Амперметр, шт	1	400	400
Тумблер, шт	2	50	100
Регулятор мощности, шт	1	200	200
Провод, м	1	100	100
Итого:	49	4 250	8 280

Расчет расходов на оплату труда исполнителю, занятому изготовлением лабораторного стенда, руководителю дипломной работы, консультантам по экономике и БЖД.

Исполнитель - тарифная ставка - 8 000 рублей в месяц;

Районный коэффициент - 30%;

Северная надбавка - 30%;

Месячный оклад 8 700 рублей $\times 30\% \times 30\% = 13\,920$ рублей

Продолжительность выполнения работ - 2 календарных месяца.

$13\,920$ рублей $\times 2$ месяца = $27\,840$ рублей

Руководитель – доцент к.т.н.

Тарифная ставка: 16 разряд 197 руб\час.

Продолжительность консультаций - 20 часов.

197 рублей $\times 20$ часов = 3940 рублей.

Консультации по экономики: доцент к. х. н.

Тарифная ставка: 13 разряд 150 руб\час.

Продолжительность консультаций - 5 часов.

150 рублей х 5 часов = 750 рублей.

Консультации по БЖД: доцент к. т. н.

Тарифная ставка: 13 разряд 150 руб\час

Продолжительность консультаций - 5 часов.

150 рублей х 5 часов = 750 рублей.

Таблица 11 – Смета затрат на изготовление стенда.

Элементы	Сумма, руб
Материалы	8280
Оплата труда исполнителя	27 840
Оплата труда руководителя	3940
Оплата труда консультанта по экономике	750
Оплата труда консультанта по БЖД	750
Единый Социальный Налог - 26,2 %	12 367
АМОРТИЗАЦИОННЫЕ ОТЧИСЛЕНИЯ	1 000
Итого	52 927
НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ -15%	8 239
Всего	61 166

Вывод: Разработана сетевая модель выполнения работы. Критический путь составляет 55 дней, что свидетельствует о выполнении работы в установленный учебным графиком срок. Составлена смета затрат на выполнение работы, равная 61 166 рублей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения дипломной работы можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ методов проектирования экспериментальной установки в результате, которого были приняты эвристические приемы, которые указывают на то, как преобразовать имеющееся техническое решение для получения искомого, метод элементарных и наводящих вопросов, а так же метод мозгового штурма.

2. В результате проектирования и конструирования была создана экспериментальная исследовательская установка позволяющая регистрировать параметры нагрузочных режимов колес локомотива с рельсами.

3. Разработана сетевая модель выполнения работы. Критический путь составляет 55 дней, что свидетельствует о выполнении работы в установленный учебным графиком срок. Составлена смета затрат на выполнение работы, равная 61 166 рублей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методолог – Обзор методов создания новых технических решений, Госкомитет СССР по делам изобретений и открытий А. В. Кудрявцев 1988 г. [Электронный ресурс]: Методолог - Режим доступа: <http://www.metodolog.ru/00435/00435.html>.
2. Википедия – Свободная энциклопедия [Электронный ресурс]: Проектирование - Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Проектирование>.
3. Аналитический проект. [Электронный ресурс]: Конструирование и проектирование - Режим доступа: <http://gisap.eu/ru/node/49218>.
4. ВГУЭС [Электронный ресурс]: Выполнение рабочих чертежей деталей Режим доступа: https://abc.vvsu.ru/books/vap_rab_chert_pr/page0001.asp.
5. Черчение [Электронный ресурс]: Общие правила выполнения сборочных чертежей - Режим доступа: http://cherch.ru/sborochnie_chertezhi/obschie_pravila_vipolneniya_sborochnich_chertzey.html.
6. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия/Гл. ред. Н. С. Конарев. М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — 559 с.
7. Плютов Ю.А. История техники в горном деле. Москва, 2017.
8. Карьерный транспорт/ М. Г. Потапов - Москва «Недра» 1985. – 286.
9. Вопросы горной электромеханики / Под общей редакцией В. Д. Белого Москва 1961. – 342с.
10. Электро-подвижной состав промышленного транспорта / ред. Л. В. Балона – Москва «Транспорт» 1987. – 298 с.
11. Г. М. Шахунянц Железнодорожный путь. Издание третье переработанное и дополненное / Г. М. Шахунянц – Москва «Недра» 1987. – 210с.
12. Электрическая тяга на открытых горных разработках / Н. М. Шадрин Москва «Недра» 1987. – 256 с.
13. Большая Советская энциклопедия. Гл. ред. Б. А. Введенский, 2-е изд.

Т. 8 Вибрафон — Волово. 1951.

14. Безопасность жизнедеятельности в дипломном проектировании: метод. Указания для студентов всех специальностей очной и заочной форм обучения / сост. Э.В. Богданова, В.А. Гронь, Л.С. Максименко, А.Г. Степанов; ГУЦМиЗ. – Красноярск, 2005. – 36с.

15. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для бакалавров / С. В. Белов. — 4-е изд., перераб. и доп.— Москва: Изд-во Юрайт; ИД Юрайт, 2013. – 682 с

16. Железнодорожный транспорт: Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Конарев. — М.: Большая Российская энциклопедия, 1994. — 559 с.

17. СТО 4.2-07-2014 Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности. – Красноярск: Системы управления СФУ, 2014. – 60с.